

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
4 octobre 2001 (04.10.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/73141 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :

C21D 9/567, 1/53

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/BE01/00055

(22) Date de dépôt international : 27 mars 2001 (27.03.2001)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

2000/0220

27 mars 2000 (27.03.2000) BE

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **LE
FOUR INDUSTRIEL BELGE** [BE/BE]; Rue des Trois
Arbres 14, B-1180 Bruxelles (BE).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **BRAN-
DERS, René** [BE/BE]; Avenue de l'Indépendance Belge
27, B-1081 Bruxelles (BE). **BAUDEN, Jacques** [BE/BE];
Avenue de la Croix-Poncin 3, B-1428 Lillois (BE).

(74) Mandataires : **CLAEYS, Pierre** etc.; Gevers & Vander
Haeghen, Rue de Livourne 7, B-1060 Bruxelles (BE).

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AT
(modèle d'utilité), AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA,
CH, CN, CO, CR, CU, CZ, CZ (modèle d'utilité), DE, DE
(modèle d'utilité), DK, DK (modèle d'utilité), DM, DZ,
EE, EE (modèle d'utilité), ES, FI, FI (modèle d'utilité), GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD,
SE, SG, SI, SK, SK (modèle d'utilité), SL, TJ, TM, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen
(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU,
MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

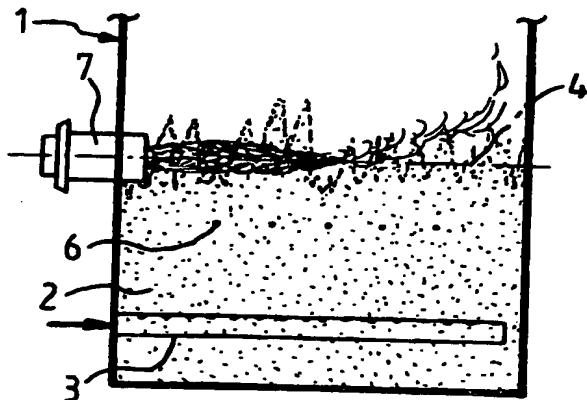
Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont
reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrévia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THERMAL TREATMENT OF STEEL WIRE

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF DE TRAITEMENT THERMIQUE DE FIL D'ACIER



(57) Abstract: The invention concerns a method for ther-
mal treatment of steel wire, which consists in raising the
temperature of at least one steel wire to be treated up to a
temperature for austenitizing the steel, and maintaining the
wire at said temperature for a temperature equalizing pe-
riod within the metal mass of said at least one wire. The
invention is characterised in that it comprises forming a flu-
idised bed, heating the fluidised bed, and moving through
said heated fluidised bed at least one metal wire to be treated
so as to ensure at least said temperature rise, said heating be-
ing at least partly obtained by at least heating the fluidised
bed which is produced substantially tangential to an upper
average area thereof.

(57) Abrégé : Procédé de traitement thermique de fil
d'acier, comprenant une montée en température d'au moins
un fil, caractérisé en ce qu'il comprend une formation
de manière à assurer au moins ladite montée en température, ledit chauffage étant au moins partiellement obtenu par au moins un
chauffage du lit fluidisé qui est produit sensiblement tangentiellement à une surface supérieure moyenne de celui-ci.

WO 01/73141 A1

BEST AVAILABLE COPY

PROCEDE ET DISPOSITIF DE TRAITEMENT THERMIQUE DE FIL D'ACIER

La présente invention est relative à un procédé de traitement
5 thermique de fil d'acier, comprenant une montée en température d'au
moins un fil à traiter jusqu'à une température d'austénitisation de l'acier,
et un maintien du fil à cette température pendant une période
d'égalisation de température au sein de la masse métallique dudit au
10 moins un fil, pendant laquelle il se produit une dissolution au moins
partielle de carbures présents dans l'acier. Elle concerne aussi un
dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Classiquement, la chauffe du fil ou de la nappe de fils dans les
procédés de patentage de fils se réalise soit dans des fours à feu nu,
soit dans des fours à tubes, sans intervention de lit fluidisé. Lorsqu'il
15 s'agit d'acier non allié, le chauffage est généralement réalisé dans des
fours à feu nu dont les atmosphères, obtenues par combustion d'un
gaz et d'un comburant, sont réglées de telle sorte à être :

a) oxydantes dans la première phase d'échauffement des produits de
façon à brûler les résidus de diverses natures pouvant se trouver à leur
20 surface,

b) réductrices par rapport au produit, lorsque ce dernier a dépassé la
phase de transformation allotropique afin d'éviter une oxydation et une
décarburation en surface des produits.

Lorsqu'il s'agit d'acier allié, un état de surface particulier est
25 généralement recherché. Les produits sont, dès lors, chauffés par des
tubes rayonnants parcourus par un gaz protecteur permettant ainsi de
conserver un état de surface impeccable aux produits durant toute sa
phase d'échauffement.

Dans les deux cas, le temps de chauffage est relativement long étant donné les faibles coefficients de transfert calorifique, soit par convection dans le cas de fours à feu nu, soit par rayonnement pur dans le cas de fours à tubes.

5 La longueur du four nécessaire au chauffage du fil à une température d'austénitisation, par exemple de l'ordre de 950°C, prend alors une importance qui joue au détriment du processus suivant, la période d'égalisation de température au sein de la masse métallique du fil ("soaking") qui ne peut qu'être courte (normalement quelques
10 secondes) si l'on veut maintenir des dimensions du four dans des limites acceptables pour les utilisateurs de four. Il en résulte une mauvaise dissolution de la cémentite présente aux joints des grains d'austénite pendant le chauffage des fils.

Par ailleurs, on connaît déjà depuis quelques années des fours
15 de chauffage de fil faisant appel à un lit fluidisé et la présente demanderesse a déjà mis sur le marché de tels fours, notamment pour la diffusion de revêtements de Cu-Zn dans des fils d'acier.

La demanderesse a en effet constaté qu'un bon échange thermique pouvait être obtenu entre des particules chauffées du lit
20 fluidisé, qui sont en quelque sorte bombardées à la surface des fils en défilement dans le lit, et les fils eux-mêmes (v. DE-A-3623890).

Un procédé, tel qu'indiqué ci-dessus, a aussi été décrit dans le brevet japonais 2623004. Le chauffage du lit s'effectue suivant une forme de réalisation à l'aide de l'agent fluidisant qui consiste en gaz de
25 fumées résultant de la combustion d'un gaz de combustion dans de l'air, cet agent fluidisant étant injecté dans le fond du lit fluidisé par des lances perforées, très sophistiquées pour empêcher une pénétration des particules du lit dans la lance. Suivant une autre forme de réalisation, l'agent fluidisant est de l'air et une source de chaleur

extérieure au lit fluidisé est formée de brûleurs situés au-dessus du lit fluidisé et projetant une flamme ou des gaz chauds verticalement sur celui-ci.

Le procédé suivant ce document antérieur permet d'atteindre
5 dans le lit fluidisé une température seulement modérée de 470 à 550°C. Dans sa première forme de réalisation, il est limité par la complexité même des lances alimentant le lit en agent fluidisant, de telles lances ne pouvant supporter l'agressivité de gaz de fumées d'une température trop élevée, au risque de devoir être remplacées très
10 régulièrement. Quant au chauffage vertical par le haut, il présente l'inconvénient d'être peu efficace et surtout d'entraîner un manque d'uniformité dans la température du lit. En effet, les brûleurs utilisés ont chacun un impact ponctuel sur le lit avec pour conséquence de petites surfaces du lit très chaudes et les parties avoisinantes beaucoup
15 moins, ce qui est évidemment à éviter pour obtenir un traitement adéquat des fils.

On connaît aussi des lits fluidisés chauffés par combustion, à l'intérieur du four ou en surface de celui-ci, d'un agent fluidisant non combustible lors de son introduction dans le lit, mais rendu combustible
20 par la suite pendant son ascension (v. par exemple Reynoldson R.W., Anwendung von gasbeheizten Wirbelbetten zur Wärmebehandlung von Metallen, in Härtenei-Technischen Mitteilungen, Vol. 37 (1982), Munich, p. 109-119; Patent abstracts of Japan vol. 015, n° 231 (= JP03072036)). Ces procédés de chauffage ont l'inconvénient d'être
25 dangereux, car ils présentent un réel danger d'explosion et ils produisent des flammes énormes dirigées vers le haut. Ils ne permettent pas un contrôle de l'uniformité du chauffage dans les parties du lit où les objets à chauffer se trouvent.

On connaît aussi des lits fluidisés contenus dans des cuves de petit diamètre et réalisés à l'aide d'un agent fluidisant non combustible. Ces lits sont chauffés par injection en surface par des brûleurs d'un mélange de combustion en vue de traiter thermiquement des pièces
5 métalliques de grande dimension et masse qui restent statiques pendant toute la durée d'un traitement, lequel peut durer jusqu'à 30 minutes (v. Reynoldson R.W., op. cit.).

La présente invention a pour but d'offrir une solution à l'encombrement souvent important des fours, en particulier des fours
10 utilisés dans l'austénitisation des fils en acier, tout en atteignant des qualités de fils traités équivalentes ou même supérieures et en permettant un traitement pendant le défilement continu des fils.

La présente invention a aussi pour but de permettre un chauffage rapide et uniforme du lit fluidisé ainsi que des fils à traiter, et
15 cela à un bon rendement énergétique, de façon à permettre une période d'égalisation de température au sein de la masse métallique largement supérieure à ce qui est appliqué à présent, et sans que cela porte préjudice à l'encombrement de l'appareillage global.

On résout les problèmes cités ci-dessus, par un procédé de
20 traitement thermique de fils d'acier, tel qu'indiqué au début, ce procédé comprenant en outre

- une formation d'un lit fluidisé par passage d'un agent fluidisant à travers un milieu particulière fluidisable,
- un chauffage du lit fluidisé, et
- 25 - un défilement à travers le lit fluidisé chauffé dudit au moins un fil métallique à traiter, dans un sens, de manière à assurer au moins ladite montée en température,

ledit chauffage étant au moins partiellement obtenu par au moins un chauffage du lit fluidisé qui est produit sensiblement tangentiellement à une surface supérieure moyenne de celui-ci.

Comme il est connu, un lit fluidisé est formé de particules de
5 matière solide qui sont amenées en suspension par l'entraînement d'un agent fluidisant, normalement un gaz, qui traverse le lit de bas en haut. Au cours de cette traversée l'agent fluidisant porte vers le haut les particules dont certaines sont projetées en forme de vagues ou de protubérances plus haut que d'autres. On obtient donc, en section
10 transversale du lit, une bande supérieure très mouvementée, dont la surface supérieure est continuellement variable en hauteur, et qui représente une partie du lit moins dense en particules.

Par l'expression surface supérieure moyenne du lit fluidisé, il faut donc entendre suivant l'invention la surface qui se situe à la hauteur
15 moyenne entre les creux et les sommets des vagues existant à la surface supérieure du lit.

Par le chauffage tangentiel à cette surface supérieure moyenne, les particules du lit fluidisé, qui se trouvent là dans un état peu dense, fort dispersé, peuvent être chauffées à des températures extrêmement
20 élevées, proches de l'incandescence. Les particules ainsi fortement chauffées, transfèrent la chaleur aux autres particules qui seront en contact avec les fils en obtenant un échange thermique optimal à une vitesse impossible à envisager conformément à l'enseignement de la technique antérieure. Par ailleurs, le chauffage tangentiel est
25 indépendant de l'agent fluidisant et les lances perforées projetant cet agent ne sont pas agressées par des gaz de fumées portés à des températures excessives.

Etant donné l'excellent coefficient de transfert thermique par l'intermédiaire du lit fluidisé chauffé suivant l'invention, la température

de chauffe des fils, pendant laquelle se produit l'austénitisation des fils, peut être drastiquement raccourcie, et donc on peut à présent envisager une période de maintien en température d'austénitisation suffisante pour obtenir une dissolution poussée des carbures de Fe des
5 fils en acier, sans grever le coût de l'installation à un niveau commercialement indéfendable et sans la rendre d'un encombrement insupportable. De plus, cette forme de réalisation permet de décomposer l'installation en deux unités, l'une relativement courte, sous la forme d'un four à lit fluidisé et l'autre consistant en un simple
10 tube ou caisson isolé où les fils défilent en étant maintenus à température par des moyens simples tels que des éléments chauffants électriques, des brûleurs à gaz du type rayonnant, l'agent fluidisant recirculé depuis le four allongé, et/ou encore un second lit fluidisé.

Suivant une forme de réalisation de l'invention, ledit au moins un
15 chauffage tangentiel est orienté transversalement par rapport au sens de défilement desdits au moins un fil métallique à chauffer. Par son orientation transversale et tangentielle le chauffage du lit fluidisé permet un chauffage uniforme et étalé sur toute la largeur et la longueur du lit des particules en suspension dans le lit, ce qui permet
20 un chauffage uniforme des fils en défilement dans le four.

Suivant une forme de réalisation avantageuse de l'invention, ledit au moins un chauffage tangentiel comprend une projection d'au moins une flamme et/ou jet de fumées tangentiellement à ladite surface supérieure moyenne du lit fluidisé. A l'aide d'un tel procédé, les
25 brûleurs chauffent directement les particules du lit fluidisé, sans que des gaz brûlés à haute température ne doivent passer à travers un tube perforé, fragile dans ces conditions. L'agencement est simple et hautement efficace.

BEST AVAILABLE COPY

Suivant une forme de réalisation particulière de l'invention, ledit au moins un chauffage tangentiel comprend un échange de chaleur entre un milieu chauffant et le lit fluidisé par l'intermédiaire d'au moins un tube qui est disposé tangentiellement à ladite surface supérieure moyenne du lit fluidisé et à travers lequel passe ledit milieu chauffant. On peut ainsi chauffer efficacement et rapidement des fils en acier allié qui ne peuvent entrer en contact avec des gaz de fumée. L'échange thermique se produit de manière remarquable entre un simple tube, non perforé, au travers duquel passe le milieu chauffant et les particules peu denses du lit qui viennent lécher les parois du tube chauffé.

Suivant une forme de réalisation perfectionnée de l'invention, le procédé comprend au moins un pompage de milieu particulaire fluidisé au-dessus du lit fluidisé et un refoulement d'un jet de ce milieu particulaire vers le lit fluidisé dans un sens opposé audit sens de défilement. Ledit au moins un chauffage tangentiel est effectué au moins partiellement à travers le jet de milieu particulaire refoulé. Il faut savoir que, lors du passage des fils dans le lit fluidisé, par transport mécanique, les particules du lit ont tendance à être entraînées, ce qui les fait migrer depuis l'entrée de l'installation vers la sortie. La présente forme de réalisation permet non seulement de contrecarrer cet effet désavantageux, mais il permet de tirer profit de ce pompage pour augmenter l'efficacité du chauffage tangentiel. En effet, par le pompage, la matière particulaire est refoulée en forme de pluie à un niveau supérieur aux crêtes du lit fluidisé et au milieu du lit, ce qui a pour effet de surélever dans ce cas la surface supérieure moyenne précitée du lit au-dessus des crêtes du lit. Il en résulte que les têtes des brûleurs peuvent suivant l'invention être agencées à niveau également surélevé. Il devient alors possible d'agencer les têtes de brûleurs hors

d'atteinte des particules, et donc le mode de réalisation présente nettement moins de risque d'encrassement de ces têtes de brûleurs par des particules du lit.

D'autres particularités du procédé suivant l'invention sont
5 indiquées dans les revendications 1 à 9 qui suivent.

On a également prévu, suivant l'invention, un dispositif de traitement thermique de fil d'acier, comprenant

- un four de chauffage allongé,
- une zone de maintien en température, et
- 10 - des moyens d'entraînement d'au moins un fil d'acier à traiter qui les font défiler à travers le four et la zone de maintien en température, de manière que ledit au moins un fil à traiter subisse une montée en température dans le four jusqu'à une température d'austénitisation de l'acier et soit maintenu à cette température dans la zone de maintien en
- 15 température,

ce dispositif comprenant en outre

- un lit fluidisé formé dans le four de chauffage par passage d'un agent fluidisant à travers un milieu particulaire fluidisable, et
- des moyens de chauffage du lit fluidisé comportant au moins des
- 20 moyens de chauffage qui produisent un chauffage sensiblement tangentiellement à une surface supérieure moyenne de celui-ci.

D'autres détails concernant les dispositifs suivant l'invention sont indiqués dans les revendications 10 à 17 qui suivent.

D'autres détails et particularités de l'invention ressortiront de la
25 description donnée ci-après, à titre non limitatif, de quelques exemples de réalisation de dispositifs suivant l'invention, avec référence aux dessins annexés.

Les figures 1 à 3 représentent une vue en coupe transversale de trois variantes de réalisation de four à lit fluidisé suivant l'invention.

La figure 4 représente une vue du dessus du four représenté sur la figure 1.

La figure 5 représente un dispositif comprenant deux unités successives, l'une pour la chauffe des fils et l'autre pour le maintien en température.

La figure 6 représente un graphique illustrant la variation de température du fil défilant dans le four en fonction du temps.

Les figures 7 et 8 représentent une vue en coupe transversale et une vue en coupe longitudinale d'une quatrième variante de réalisation de four à lit fluidisé suivant l'invention.

Dans les différents dessins, les éléments identiques ou analogues sont désignés par les mêmes références.

Sur la figure 1, on a représenté en coupe transversale un four allongé 1 contenant un lit fluidisé 2. Le lit fluidisé 2 est formé de particules relativement finement divisées en une matière résistant aux hautes températures et de préférence inerte vis-à-vis des fils à chauffer. On peut envisager par exemple des particules de silice, de zircone, d'alumine ou d'autres matières réfractaires ayant une bonne aptitude à transmettre de la chaleur aux corps qui sont en contact avec elles. On peut citer tout particulièrement des sables d'alumine, par exemple de granulométrie F90 selon la norme FEPA 42F 1984, ou des sables de zircon.

Un agent fluidisant, tel que par exemple de l'air, de l'azote, de l'ammoniac, est introduit à haute pression et dans le cas présent à la température ambiante à la base du lit fluidisé, par l'intermédiaire d'une lance perforée 3. Tout gaz protecteur judicieusement choisi en fonction de la nature de l'acier peut être utilisé dans ce but. Par sa pression et son débit, l'agent fluidisant emporte les particules du lit vers le haut et les amène en suspension. Cette suspension de type tourbillonnaire se

manifeste en haut du lit 2 par la formation de vagues, la surface supérieure moyenne du lit étant représentée par un trait mixte 4.

Il faut noter que l'agent fluidisant n'est pas combustible dans les conditions du procédé. Celui-ci, froid ou à température ambiante, ne sollicite aucunement la lance par laquelle il est projeté dans le lit fluidisé et la durée de vie des lances en est par conséquent très
5 largement augmentée par rapport aux lances selon la technique antérieure qui servent à la fois à la fluidisation et au chauffage du lit.

L'agent de fluidisation très chaud après son passage au travers du lit est récupéré alors au haut du four par un conduit d'échappement
10 5 (v. figure 5).

Dans les exemples illustrés sur les figures, une nappe de fils 6 défile dans le four en suivant la direction longitudinale du four qui est perpendiculaire au plan du dessin, à une vitesse qui est calculée en
15 fonction d'une constante fixée par les impératifs de production et donc de capacité de la ligne de traitement. Cette constante est égale au produit du diamètre du fil exprimé en mm et de la vitesse du fil exprimée en m/minute. Donc, plus le fil est mince, plus sa vitesse de défilement sera rapide et inversement. Il faut noter qu'on pourrait
20 envisager le défilement d'un seul fil à la fois dans le four, ou le défilement de plusieurs fils de différents diamètres, ou le défilement de plusieurs nappes superposées à la fois.

Ainsi qu'il est illustré sur la figure 1, les moyens de chauffage du lit fluidisé consistent en plusieurs brûleurs 7 (v. aussi figure 4) qui sont,
25 dans cet exemple, disposés de part et d'autre de la nappe de fils à chauffer et qui projettent leur flamme ou fumées transversalement à la direction de défilement des fils. Les flammes ou fumées sont en particulier projetées tangentielllement à ladite surface supérieure moyenne 4 du lit fluidisé en chauffant ainsi directement les particules

en suspension dans une bande du lit où elles sont moins denses et donc plus aisément portées quasiment à incandescence. Il est évident que, si dans les exemples illustrés la direction dite tangentielle de la flamme ou des fumées coïncide parfaitement avec la surface 4 représentée, on peut envisager de disposer les brûleurs légèrement en oblique par rapport à cette flamme ou ces fumées, pour autant que l'on obtienne toujours un chauffage bien étalé à la surface du lit et que les fils ne soient pas atteints par la flamme ou les fumées.

La flamme des brûleurs et les fumées produites à la sortie du brûleur résultent d'une manière courante de la combustion d'un combustible et d'un comburant, par exemple d'un gaz ou liquide combustible, tel que CH_4 , fuel, etc..., et d'air, enrichi ou non en oxygène, ou même d'oxygène considéré industriellement pur. Les gaz de fumées formés sont alors récupérés par le conduit d'échappement 5, simultanément à l'agent fluidisant chauffé.

Ainsi qu'il ressort de la figure 4, les brûleurs sont disposés de manière alternée à gauche et à droite de la nappe de fils et la flamme et le jet de gaz brûlés très chauds qui l'accompagne s'étendent transversalement sur toute la largeur du four. Cette disposition offre l'avantage de permettre un chauffage très uniforme du lit fluidisé et donc des fils à traiter.

Dans la forme de réalisation illustrée sur la figure 2, les fils à chauffer ne peuvent entrer en contact avec des gaz brûlés pour conserver leur état de surface. Le chauffage du lit se fait ici aussi tangentiellement à la surface supérieure moyenne 4 du lit, mais par l'intermédiaire d'un tube non perforé 8 que viennent lécher les vagues des particules du lit, qui sont ainsi portées à haute température. Les gaz brûlés sortent par un conduit de sortie 9 par lequel ils peuvent être récupérés.

La forme de réalisation illustrée sur la figure 3 est du même type que celle représentée sur la figure 2. Toutefois, dans ce cas, on a prévu un caisson 10 situé en dessous du lit fluidisé et en communication avec la lance de projection 3. Un ou des brûleurs 11 sont agencés dans ce caisson et permettent d'obtenir des fumées chaudes jusqu'à une température modérée, supérieure à la température ambiante, par exemple de l'ordre de 400 à 500°C, où les fumées ne sont pas encore exagérément agressives pour les lances 3. Cette forme de réalisation permet une efficacité encore accrue du chauffage du lit fluidisé. Il est bien entendu qu'on pourrait aussi prévoir cet agencement avec celui des brûleurs à flamme nue tel qu'illustré sur la figure 1.

Les fils à traiter dans les fours suivant l'invention sont par exemple des fils d'acier que l'on va soumettre à une opération de patentage.

L'opération de patentage est un processus bien connu dans le monde du tréfilage, il consiste à porter, dans un premier temps, la température d'un fil ou d'une nappe de fils métalliques à un niveau tel que l'on obtienne une transformation de la ferrite et perlite ou perlite et cémentite en austénite.

Dans un deuxième temps, on réalise ce que l'on appelle une trempe isothermique de façon à retransformer l'austénite (préalablement obtenue par chauffage) en perlite fine afin d'obtenir de bonnes propriétés mécaniques et, spécialement, une excellente aptitude au tréfilage.

Pendant l'étape de chauffage du fil, il faut atteindre une température de l'ordre de 950°C pour obtenir une austénitisation de l'acier. Toutefois, avant de passer à la trempe, une période d'égalisation de température au sein de la masse métallique, dite

"soaking", s'avère favorable pour dissoudre les carbures présents aux joints de grains d'austénite.

Ainsi qu'il est illustré sur la figure 5, dans un exemple de dispositif suivant l'invention on va pouvoir prévoir deux unités distinctes, une unité de chauffe 1 et une unité d'égalisation de
5 température 12.

L'unité de chauffe est constituée d'un four 1 à lit fluidisé 2, tel que précédemment décrit, qui peut être relativement court, étant donné l'excellent coefficient de transfert thermique de ce type de four. Le fil 6
10 défile en continu à travers ce four qui peut avoir une longueur de par exemple 5 à 6 m. Dans le fond du four, un caisson 10 du type de celui représenté de manière schématique sur la figure 3 est agencé pour permettre un chauffage préalable du milieu fluidisant. La température
15 du sable fluidisé chauffé suivant l'invention peut avantageusement atteindre environ 1000°C.

Le fil 6 sort ainsi du four 1 à une température d'environ 950°C et passe alors dans l'unité d'égalisation de température 12, par l'intermédiaire d'une trémie étanche 13. L'unité 12 est constituée d'un caisson ou tube parfaitement isolé du point de vue thermique. Dans
20 celui-ci il suffit de maintenir la température de fil acquise de 950°C et un échange thermique permettant un chauffage n'est plus nécessaire. Dans le cas illustré, ce maintien à température est réalisé par un recyclage des gaz brûlés de l'unité 1 par le conduit d'échappement 5. Les gaz brûlés dégagés sont amenés à un moyen de filtrage, par
25 exemple un cyclone 14, et les gaz filtrés encore chauds ou partiellement chauffés de manière complémentaire sont amenés à l'aide d'une pompe 15 à l'unité 12 pour le maintien à température du fil. La dissolution des carbures (cémentite) s'accomplit dans l'unité 12, qui peut avoir une longueur d'environ 4 m et dans laquelle, en défilant, le

fil reste pendant un temps suffisant pour obtenir la dissolution des carbures. A la sortie de l'unité 12, le fil passe à un dispositif de trempe 16 uniquement partiellement représenté.

Le dispositif total de cet exemple a donc une longueur tout à fait acceptable en termes d'encombrement d'environ 9 à 10 m.

Sur les figures 7 et 8 on a représenté une autre forme de réalisation dans laquelle des dispositifs de pompage 17 sont prévus pour contrecarrer la migration des particules de lit fluidisé depuis l'entrée du four jusqu'à la sortie. Les particules sont en effet entraînées mécaniquement par le mouvement de défilement des fils.

Ces dispositifs de pompage 17 comprennent dans l'exemple illustré un tube 18 disposé sensiblement verticalement, qui est relié à sa partie basse à un cône de collecte 19. Celui-ci est avantageusement agencé au-dessus d'une lance perforée 3. Dans sa partie haute le tube 18 est raccordé à une tuyère d'arrosage 20 qui est orientée dans un sens opposé au sens de défilement 21 des fils 6 à traiter. Avantageusement la tuyère d'arrosage 20 est en outre orientée en oblique vers la partie centrale du four, ainsi que cela ressort de la figure 7.

Dans la présente forme de réalisation, les perforations dans les lances 3 sont disposées vers le bas.

Les particules du lit fluidisé et l'agent de fluidisation s'engouffrent dans le cône de collecte. Etant donné que la masse des particules présente alors dans le tube une densité apparente nettement inférieure à celle du lit fluidisé, cette masse est projetée plus haut que les crêtes du lit fluidisé : les tuyères d'arrosage renvoient alors des jets 22 de particules vers l'arrière et vers le centre du lit, ce qui permet de contrecarrer la migration des particules dans le sens de défilement des

fil. Comme on peut le constater, ce pompage n'implique, dans le cas illustré, aucune dépense d'énergie supplémentaire.

5 Ces jets ont pour effet de surélever la surface supérieure moyenne du lit qui dans l'exemple illustré se trouve au niveau du trait mixte 4'. Comme on peut le voir sur la figure 7, ce niveau est plus élevé que les crêtes des vagues du lit fluidisé.

Ainsi qu'il ressort des figures 7 et 8, le chauffage par les brûleurs 7 s'effectue donc à présent, conformément à l'invention, tangentiellement à cette surface supérieure moyenne 4', surélevée, de
10 façon que le jet gazeux issu du brûleur traverse la projection de particules issue du dispositif de pompage.

Le chauffage tangentiel ainsi obtenu est particulièrement efficace. En outre, il offre l'avantage que les têtes des brûleurs 7 sont hors d'atteinte des particules qui sont projetées vers le centre du four.
15 Un encrassement des têtes de brûleur peut ainsi être favorablement évité.

Des exemples de réalisation non limitatifs vont à présent être donnés pour expliquer l'invention de manière plus détaillée.

20 Exemple 1

Un fil en acier de type eutectoïde et d'un diamètre de 3 mm est introduit dans un four à lit fluidisé équipé suivant l'invention dont la constante DV (diamètre de fil (mm) x vitesse de défilement (m/min)) est de 36. Le lit fluidisé est constitué de Al_2O_3 - F90, d'une granulométrie de 106 à
25 250 μm . Il est maintenu en suspension par un gaz fluidisant, ici de l'air, présentant une pression minimum de 600 mm H_2O et un débit de 64 $Nm^3/h.m^2$. Le gaz fluidisant est introduit par le bas du lit fluidisé à la température ambiante.

Des brûleurs projettent tangentiellement à la surface supérieure moyenne du lit fluidisé des fumées résultant de la combustion de gaz et d'air de combustion, de façon à chauffer les particules du lit fluidisé quasiment à l'incandescence et à obtenir un lit d'une température
5 moyenne d'environ 1000°C. Les fumées des brûleurs sont en contact direct avec le lit fluidisé.

Ainsi qu'il ressort de la courbe A du graphique donné à la figure 6, le fil atteint une température de 950°C après environ 20 secondes de défilement, au maximum 30 secondes, c'est-à-dire que la longueur du
10 four à lit fluidisé suivant l'invention peut se limiter à une valeur d'environ 5 m, pour la constante DV choisie ci-dessus.

Sur une longueur de 4 m, qui correspond à une période de passage de 20 secondes du fil, celui-ci est maintenu dans l'unité 12 à la température de 950°C, pour la dissolution de la cémentite tertiaire.

15 A titre de comparaison, on a fait défiler un fil identique à travers un four à feu nu classique, sans lit fluidisé, de type haute convection. On peut remarquer sur la courbe B que le fil doit être chauffé pendant environ 50 secondes pour atteindre la température d'austénitisation et que la période d'égalisation de température au sein de la masse
20 métallique ne peut s'effectuer, dans un four d'une même longueur et avec une même constante DV, que pendant 3 à 4 secondes, ce qui est insuffisant pour obtenir une bonne dissolution des carbures (cémentite tertiaire).

25 Exemple 2

Un fil en acier de type XC70 (0,76 % de C) est soumis aux mêmes conditions de traitement que dans l'exemple 1. Le fil a un diamètre de 1 mm et sa constante DV est de 36.

Le fil atteint une température de 950°C après environ 5 secondes de défilement et la longueur du four à lit fluidisé peut se limiter à une valeur égale ou même inférieure à 5 m.

Sur une longueur de 4 m, qui correspond à une période de passage
5 d'environ 7 secondes, le fil est maintenu à la température de 950°C pour la dissolution de la cémentite tertiaire.

Exemple 3

Un fil en acier de type XC70 est soumis aux mêmes conditions de
10 traitement que dans l'exemple 1. Le fil a un diamètre de 5 mm et sa constante DV est de 36.

Le fil atteint une température de 950°C après environ 40 à 50 secondes de défilement et la longueur du four à lit fluidisé peut se limiter à une valeur de 5,5 m environ.

.15 Sur une longueur de 4 m, qui correspond à une période de passage d'environ 35 secondes, le fil est maintenu à la température de 950°C.

Il doit être entendu que la présente invention n'est en aucune façon limitée aux formes de réalisation décrites ci-dessus et que bien
20 des modifications peuvent y être apportées sans sortir du cadre des revendications annexées.

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement thermique de fil d'acier, comprenant
- 5 - une montée en température d'au moins un fil à traiter jusqu'à une température d'austénitisation de l'acier, et
 - un maintien du fil à cette température pendant une période d'égalisation de température au sein de la masse métallique dudit au moins un fil, pendant laquelle il se produit une dissolution au moins
 - 10 partielle de carbures présents dans l'acier, caractérisé en ce qu'il comprend
 - une formation d'un lit fluidisé par passage d'un agent fluidisant à travers un milieu particulaire fluidisable,
 - un chauffage du lit fluidisé, et
 - 15 - un défilement à travers le lit fluidisé chauffé dudit au moins un fil métallique à traiter, dans un sens, de manière à assurer au moins ladite montée en température,
- ledit chauffage étant au moins partiellement obtenu par au moins un chauffage du lit fluidisé qui est produit sensiblement tangentiellement à
- 20 une surface supérieure moyenne de celui-ci.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que ledit au moins un chauffage tangentiel est orienté transversalement par rapport au sens de défilement desdits au moins un fil métallique à chauffer.

- 25 3. Procédé suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ledit au moins un chauffage tangentiel comprend une projection d'au moins une flamme et/ou jet de fumées tangentiellement à ladite surface supérieure moyenne du lit fluidisé.

4. Procédé suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ledit au moins un chauffage tangentiel comprend un échange de chaleur entre un milieu chauffant et le lit fluidisé par l'intermédiaire d'au moins un tube qui est disposé tangentielllement à ladite surface supérieure moyenne du lit fluidisé et à travers lequel
5 passe ledit milieu chauffant.

5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un pompage de milieu particulaire fluidisé au-dessus du lit fluidisé et un refoulement d'un jet
10 de ce milieu particulaire vers le lit fluidisé dans un sens opposé audit sens de défilement, et en ce que ledit au moins un chauffage tangentiel est effectué au moins partiellement à travers le jet de milieu particulaire refoulé.

6. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'agent fluidisant est non combustible pendant le procédé.
15

7. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le chauffage du lit fluidisé comprend en outre un chauffage de l'agent fluidisant préalablement à son passage à
20 travers le milieu particulaire fluidisable.

8. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le chauffage permet d'atteindre une température du lit fluidisé supérieure à 950°C, de préférence à 1000°C, en un temps d'au maximum 30 secondes.

9. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend le maintien dudit au moins un fil à la température d'austénitisation dans ledit lit fluidisé et/ou hors de ce lit fluidisé.
25

10. Dispositif de traitement thermique de fil d'acier, comprenant

- un four de chauffage allongé (1),
- une zone de maintien en température (12), et
- 5 - des moyens d'entraînement d'au moins un fil d'acier à traiter qui les font défiler dans un sens à travers le four et la zone de maintien en température, de manière que ledit au moins un fil à traiter subisse une montée en température dans le four jusqu'à une température d'austénitisation de l'acier et soit maintenu à cette température dans la
- 10 zone de maintien en température, caractérisé en ce qu'il comprend en outre
 - un lit fluidisé (2) formé dans le four de chauffage (1) par passage d'un agent fluidisant à travers un milieu particulaire fluidisable, et
 - des moyens de chauffage du lit fluidisé comportant au moins des
 - 15 moyens de chauffage qui produisent un chauffage sensiblement tangentiellement à une surface supérieure moyenne de celui-ci.

11. Dispositif suivant la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens de chauffage tangentiels comprennent au moins un brûleur (7) qui projette une flamme et/ou des fumées tangentiellement à

20 ladite surface supérieure moyenne (4) du lit fluidisé (2).

12. Dispositif suivant la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs brûleurs (7) disposés de part et d'autre du ou des fils (6) en défilement, de préférence de manière alternée, et projetant leur flamme et/ou fumées transversalement au sens de

25 défilement du ou des fils.

13. Dispositif suivant la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens de chauffage tangentiels comprennent des tubes (8) qui sont disposés tangentiellement à ladite surface supérieure

moyenne (4) du lit fluidisé (2), transversalement au sens de défilement du ou des fils, et à travers lesquels passe un milieu chauffant.

14. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un dispositif de pompage de matière particulaire qui pompe celle-ci au-dessus du lit fluidisé et la refoule en un jet vers le lit fluidisé dans un sens opposé audit sens de défilement et en ce qu'un moyen de chauffage produit ledit chauffage tangentiel à travers le jet de milieu particulaire refoulé par au moins un dispositif de pompage susdit.

15. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 10 à 14, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de préchauffage (11) de l'agent fluidisant.

16. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend un four allongé (1) de courte longueur dans lequel ledit au moins un fil à chauffer atteint rapidement la température d'austénitisation et, à la suite du four, un caisson (12) thermiquement isolé dans lequel le fil est maintenu à ladite température maximale prédéterminée par des moyens de maintien en température (5, 14, 15).

17. Dispositif suivant la revendication 16, caractérisé en ce que les moyens de maintien en température sont des éléments chauffants électriques, des brûleurs à gaz du type rayonnant, des moyens de recirculation (5, 14, 15) de l'agent fluidisant sortant du four allongé (1), et/ou un second lit fluidisé.

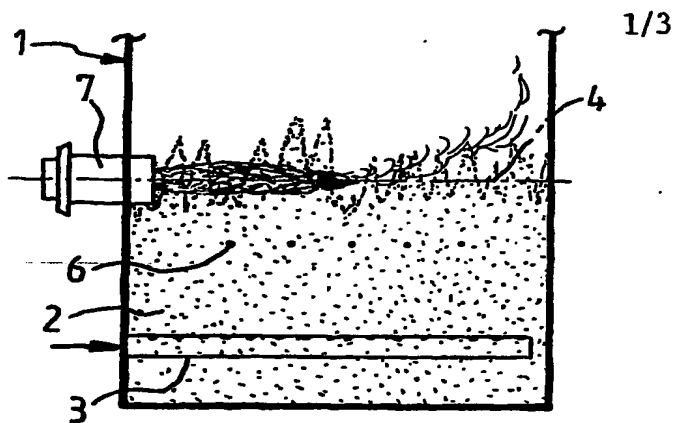


Fig. 1

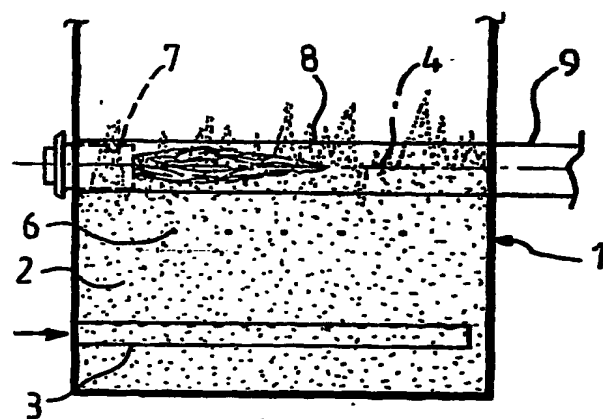


Fig. 2

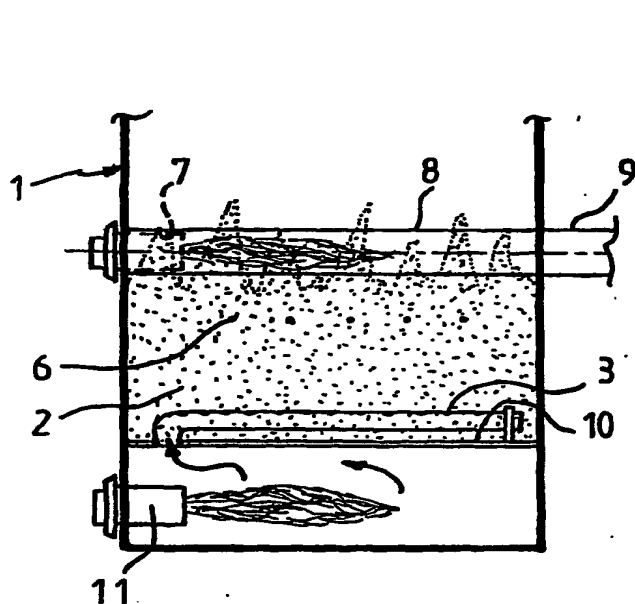


Fig. 3

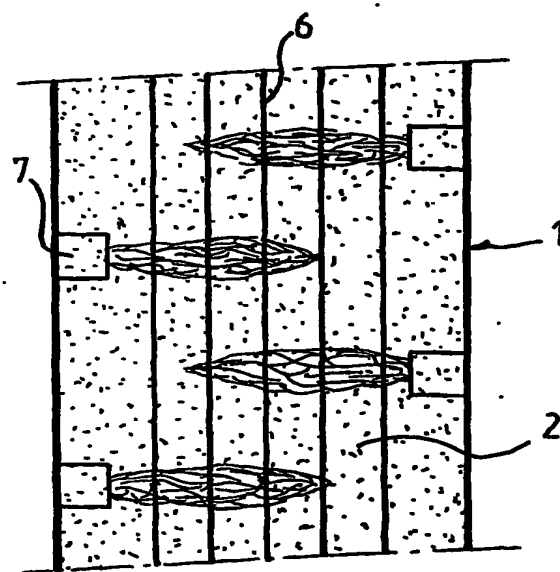


Fig. 4

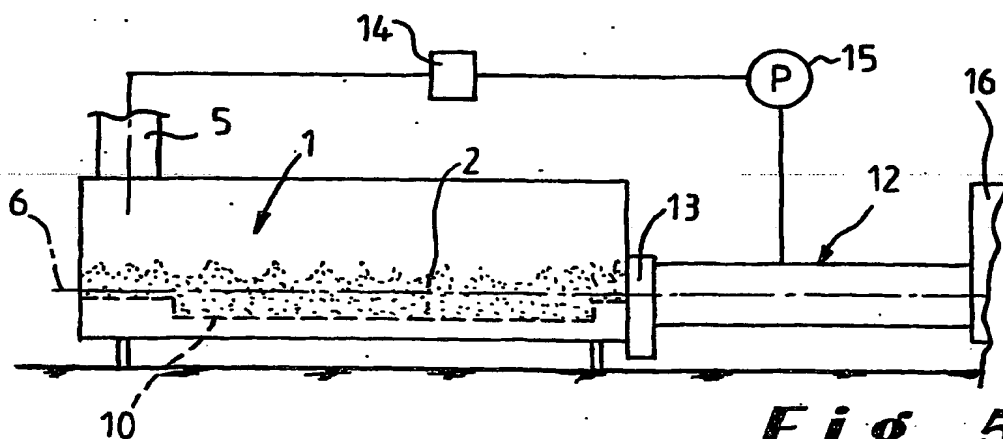


Fig. 5

2/3

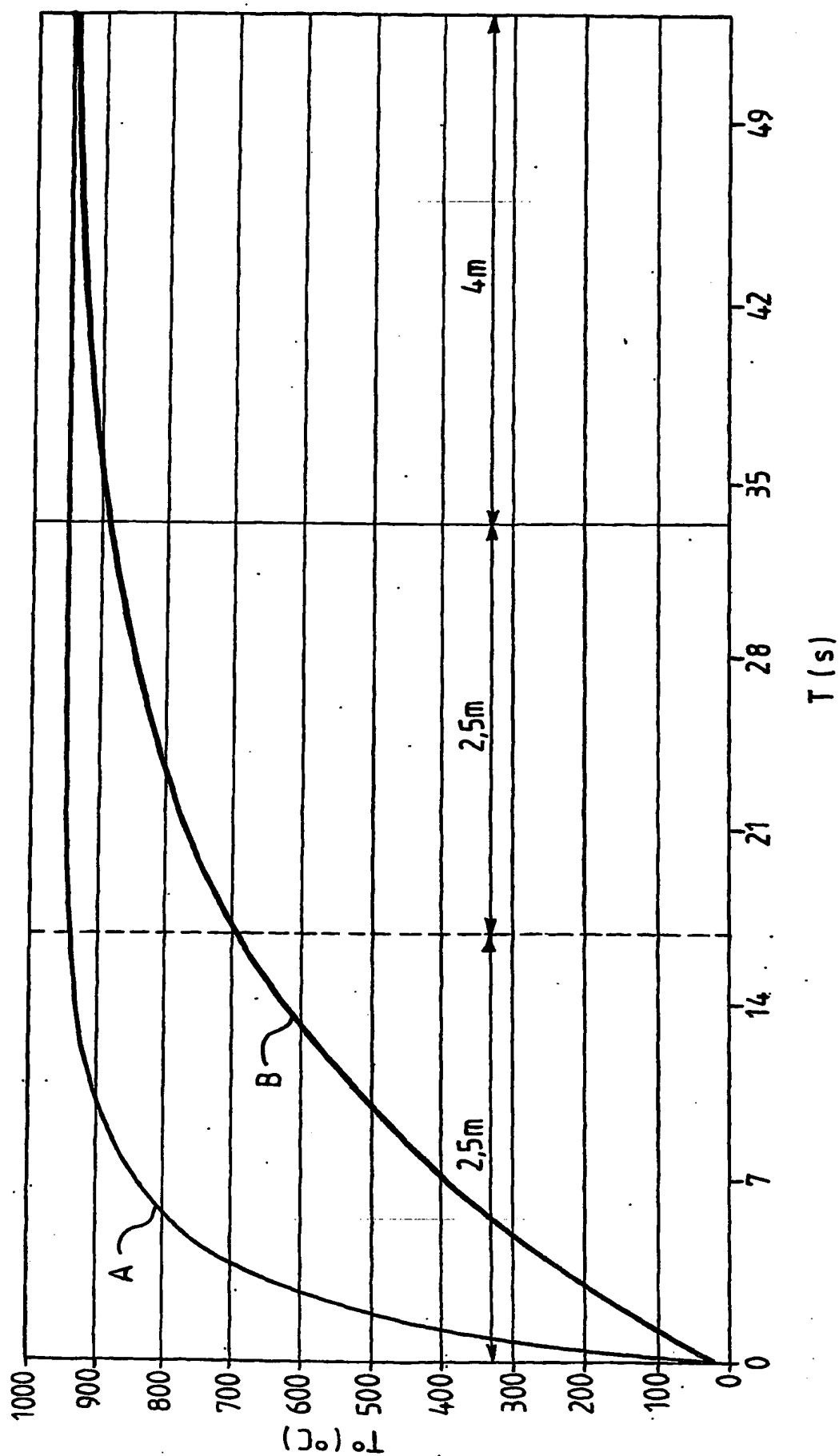


Fig. 6

BEST AVAILABLE COPY

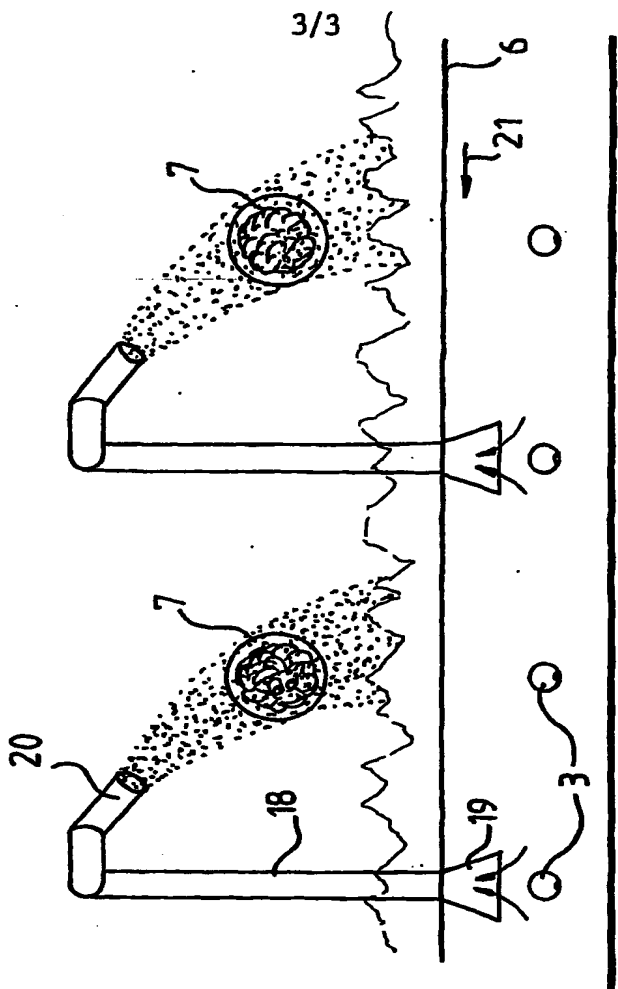


Fig. 8

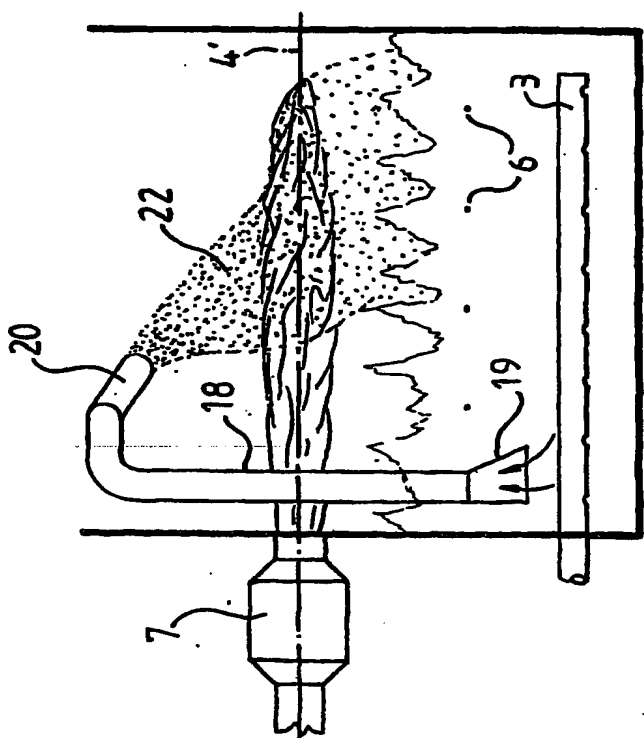


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In Application No

PCT/BE 01/00055

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 C21D9/567 C21D1/53

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	R.W REYNOLDSON: "Anwendung von gasbeheizten Wirbelbetten zur Wärmebehandlung von Metallen" HAERTEREI TECHNISCHE MITTEILUNGEN., vol. 37, no. 3, May 1982 (1982-05), pages 109-120, XP002153603 CARL HANSER VERLAG. MUNCHEN., DE ISSN: 0341-101X cited in the application figures 6,9	1, 10
A	DE 36 23 890 A (FOUR INDUSTRIEL BELGE) 22 January 1987 (1987-01-22) cited in the application --/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 August 2001

Date of mailing of the international search report

31/08/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mollet, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/BE 01/00055

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 231 (C-0840), 12 June 1991 (1991-06-12) & JP 03 072036 A (TOKYO SEIKO CO LTD), 27 March 1991 (1991-03-27) cited in the application abstract	
A	SOMMER P: "SIMULTANE VERWENDUNG DES WIRBELGASES FUER BEHEIZUNG UND FLUIDISIERUNG IN WIRBELBETT-OEFEN*" HAERTEREI TECHNISCHE MITTEILUNGEN, DE, CARL HANSER VERLAG. MUNCHEN, vol. 44, no. 6, 1 November 1989 (1989-11-01), pages 356-359, XP000163074 ISSN: 0341-101X	
A,P	EP 1 010 766 A (PRAXAIR TECHNOLOGY INC) 21 June 2000 (2000-06-21)	

EST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Application No

PCT/BE 01/00055

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3623890	A	22-01-1987	LU 86008 A	04-02-1987
			BE 905072 A	03-11-1986
			CA 1283287 A	23-04-1991
			IT 1213303 B	20-12-1989
			US 4758154 A	19-07-1988
JP 03072036	A	27-03-1991	JP 2582299 B	19-02-1997
EP 1010766	A	21-06-2000	US 6270597 B	07-08-2001
			BR 9905845 A	08-08-2000
			CN 1257130 A	21-06-2000

BEST AVAILABLE COPY

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Internationale No
PCT/ 01/00055

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 C21D9/567 C21D1/53

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 C21D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	R.W REYNOLDSON: "Anwendung von gasbeheizten Wirbelbetten zur Wärmebehandlung von Metallen" HAERTEREI TECHNISCHE MITTEILUNGEN., vol. 37, no. 3, mai 1982 (1982-05), pages 109-120, XP002153603 CARL HANSER VERLAG. MUNCHEN., DE ISSN: 0341-101X cité dans la demande figures 6,9	1,10
A	DE 36 23 890 A (FOUR INDUSTRIEL BELGE) 22 janvier 1987 (1987-01-22) cité dans la demande	
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *G* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 août 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

31/08/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mollet, G

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

D Internationale No
PCT/BE 01/00055

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 231 (C-0840), 12 juin 1991 (1991-06-12) & JP 03 072036 A (TOKYO SEIKO CO LTD), 27 mars 1991 (1991-03-27) cité dans la demande abrégé	
A	SOMMER P: "SIMULTANE VERWENDUNG DES WIRBELGASES FUER BEHEIZUNG UND FLUIDISIERUNG IN WIRBELBETT-OEFEN*" HAERTEREI TECHNISCHE MITTEILUNGEN, DE, CARL HANSER VERLAG. MUNCHEN, vol. 44, no. 6, 1 novembre 1989 (1989-11-01), pages 356-359, XP000163074 ISSN: 0341-101X	
A, P	EP 1 010 766 A (PRAXAIR TECHNOLOGY INC) 21 juin 2000 (2000-06-21)	

BEST AVAILABLE COPY

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

D [redacted] internationale, No

PCT/BE 01/00055

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 3623890 A	22-01-1987	LU 86008 A	04-02-1987
		BE 905072 A	03-11-1986
		CA 1283287 A	23-04-1991
		IT 1213303 B	20-12-1989
		US 4758154 A	19-07-1988
JP 03072036 A	27-03-1991	JP 2582299 B	19-02-1997
EP 1010766 A	21-06-2000	US 6270597 B	07-08-2001
		BR 9905845 A	08-08-2000
		CN 1257130 A	21-06-2000